



EESTI MAAÜLIKOOL
Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Kusti Aavik

**MINERAALSE LÄGALISANDI NOVAOPTIMIZER MÕJU
VEISELÄGA KVALITEEDILE**

**MINERAL SLURRY ADDITIVE NOVAOPTIMIZER
INFLUENCE ON DAIRY COW SLURRY QUALITY**

Bakalaureusetöö

Põllumajandussaaduste tootmise ja turustamise õppekava

Juhendajad: Are Selge, Dr Agr Sc
Indrek Keres, MSc

Tartu 2020

Eesti Maaülikool		Bakalaureusetöö	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51006			
Autor: Kusti Aavik		Õppekava: Põllumajandussaaduste tootmine ja turustamine	
Pealkiri: Mineraalse lägalisandi NovaOptimizeri mõju veiseläga kvaliteedile			
Lehekülgi: 41	Jooniseid: 23	Tabeleid: 5	Lisasid: 6
Osakond/Õppetool: Taimekasvatuse ja Taimebioloogia õppetool			
Uurimisvaldkond: B390 Taimekasvatus, aiandus, taimekaitsevahendid, taimehaigused			
Juhendaja(d): Are Selge (Dr Agr Sc), Indrek Keres, MSc			
Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu 2020			
<p>Orienteeruvalt 90% kogu ammoniaagi emissioonist Euroopas pärineb põllumajandusest. Tegu on probleemiga, kuna lämmastiku lendumise tulemusena tekitad anorgaanilised osakesed, mis on kahjulikud inimeste tervisele. Uurimistöö eesmärgiks oli uurida lägalisandi NovaOptimizeri mõju veiseläga kvaliteedile. Uurimustöö jaoks võeti 5 erinevat katsetünni veiseläga millest igaüks sai erineva sisu, vastavalt kontroll, lägakivi Gülle-Bombe ning erinevate normidega lägalisand NovaOptimizer. Pärast tünnikatse lõppu uuriti läga mõju kultuurrohumaa põldkatsel. Tulemustest selgus, et NovaOptimizer omab normipiires kasutamisel 100% mõju ammoniaagi emissiooni vähenemisele. Veidi vähemal määral aga siiski oli täiesti toimiv ka poole normiga kasutus, mille puhul esines võrreldes kontrollivariandiga kerge emissioon. Vastupidine efekt tekkis NovaOptimizeri 250 kordse normiga kasutuse puhul, kus ammoniaagi eritumine hoopis suurenes, võrreldes kontrolliga tervelt 2,5 korda. Rohumaa põldkatsel suuri saagivaheid lisandite kasutamise vahel ei esinenud. Põuase aasta tõttu ei õnnestunud rohumaal läbiviidud katse loodetud määral. Edaspidi tuleks uurida lägalisandite kasutuse majandusliku poolt.</p>			
Märksõnad: Lägalisandid, veiseläga, NovaOptimizer, ammoniaak, lämmastik, kultuurrohumaa			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51006		Abstract of Bachelor's	
Author: Kusti Aavik		Curriculum: Production and Marketing of Agricultural Products	
Title: Mineral slurry additive NovaOptimizer influence on dairy cow slurry quality			
Pages: 41	Figures: 23	Tables: 5	Appendixes: 6
Department / Chair: Chair of Crop Science and Plant Biology Field of research and (CERC S) code: B390 Phytotechny, horticulture, crop protection, phytopathology Supervisors: Are Selge (Dr Agr Sc), Indrek Keres, MSc Place and date: Tartu 2020			
In Europe almost 90% of ammonia (NH ₃) is emitted by agriculture. It is a problem, because ammonia pollution causes formation of inorganic particulate matter, that are dangerous for human health. The aim of this study was to examine slurry additive NovaOptimizer influence on dairy cow slurry. Five 1m ³ containers were used with different substances. Firstly control, with no additives, then slurry stone Gülle-Bombe and three different rate of NovaOptimizer. As a result, it worked out that, NovaOptimizer has 100% efficiency on reducing ammonia emission. Not as much, but still worked 0,5x NovaOptimizer, small amount of emission was registered, but it was slower than control one. Totally different was effect of 250 times norm usage, that case emitting increased more than 2,5 times, compared to 1x norm. Field trial did not show up any big differences in dry matter yield. Because of arid summer, trial did not work out as much as was planned. In the future the economical aspect of using slurry additives should be examined.			
Keywords: slurry additive, dairy slurry, NovaOptimizer, ammonia, nitrogen, cultivated grassland.			

SISUKORD

SISUKORD	4
SISSEJUHATUS	6
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE.....	8
2. UURIMUSTÖÖ MATERJAL JA METOODIKA	11
2.1. Katseperioodil teostatud tegevused ja mõõtmised	11
2.1.1. Põldkatse rajamine ja katseala ilmastiku kirjeldus	13
2.2. Katseala mullastik.....	16
2.3 Andmete töötlemine	18
3. UURIMUSTULEMUSTE ANALÜÜS	19
3.1. Läga koostise analüüs	19
3.1.1. Üldnäitajad	19
3.1.2. Toiteelementide sisaldus.....	21
3.1.3. Kokkuvõte	24
3.2. Lenduvate ühendite analüüs	25
3.2.1. Lenduvate ühendite sisaldus.....	25
3.2.2. Ühendite lenduvus	25
3.2.3. Kokkuvõte	27
4. ROHUSAAGI ANALÜÜS	28
4.1. Rohumassi saagikus ja selle analüüs	28
4.2. Rohumassi kvaliteet ja selle analüüs	29
KOKKUVÕTE UURIMUSTÖÖST JA SOOVITUSED PRAKTIKASSE	33
KASUTATUD KIRJANDUS	35
Lisa 1. Lägakivi „Gülle-Bombe“. Foto: K. Aavik	38
Lisa 2. Lägalisand „Nova Optimizer“. Foto: K. Aavik	38
Lisa 3. Ketastega laotusseade Amazone Catros 4001. Foto: K. Aavik	39
Lisa 4. Injektortüüpi laotusseade Joskin. Foto: K. Aavik.....	40
Lisa 5. Lohisvoolikutega laotusseade. Foto: K. Aavik.....	40

Lisa 6. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta.....	41
---	----

SISSEJUHATUS

Üha enam räägitakse põllumajanduse suurenevast koormusest loodusele. Üks suurematest probleemidest on lämmastikühendite emissioon loodusesse. Euroopas eritab põllumajandus 90% kogu ammoniaagist. Tegu on probleemiga, kuna lämmastiku lendumise tulemusena tekitad anorgaanilised osakesed, mis on kahjulikud inimeste tervisele. Lisaks saavad kahjustatud lämmastikutundlikud ökosüsteemid. (Seidela et al. 2017)

Suure osa ammoniaagi lendumisest põhjustab põldude väetamine orgaanilise väetisega. Nende hulka kuulub ka sõnnik, mis on loomse väljaheite ja allapanusegu. Sõnnikutüüpe eristatakse kuivaine sisalduse alusel. Vastavalt Eestis kehtivatele seadustele on vahemikud järgmised: (Riigiteataja 2019)

- **Vedelsõnnik** – kuivainet kuni 7,9%
- **Poolvedelsõnnik** 8,0 – 19,9%
- **Tahesõnnik** 20-24,9%
- **Sügavallapanusõnnik** üle 25%

Sõnnik sisaldab lenduvaid ühendeid, mille lendumine algab juba farmis. Lendumise intensiivsus sõltub mis tüüpi hoidlas vedelsõnnikut hoiustatakse. Eestis on peamiselt kahte tüüpi hoidlaid - betoonist maapealsed hoidlad ja maa sisse kaevatud ning põhjast kilega kaetud laguunitüüpi hoidlad. (Kaasik et al. 2014). Betoonist hoidlate puhul on vähesel määral hakatud kasutama ka kupleid, mis mujal Euroopas on juba rohkem levinud. Valdavalt kasutatakse selliseid hoidlaid biogaasi tootmiseks, kuna lenduv gaas kogutakse kokku ja töödeldakse ümber. Lahtiste hoidlate puhul peab pinnale tekkima koorik, mis kaanetab lägakihi ja vähendab ammoniaagi lendumist, kuid siiski ei vii seda nulli (Kaasik, Möls 2018). Seetõttu tulebki uurida erinevate ammoniaagi emissiooni vähendavate lisandite kasutamist.

Lägalisandid on keemilised või bioloogilised vahendid, mis lisatakse vedelsõnnikule, et vähendada selle käitlemisega tekkivaid probleeme. Antud töös uuritakse kahte keemilist toodet: NovaOptimizer ja lägakivi „Gülle-Bombe“ (lisad 1 ja 2). Bioloogiliste vahendite puhul on tegemist mikroorganismide ja ensüümide seguga, mis aitab parandada orgaanilise aine lagundamist vedelsõnnikus. Keemiliste segude puhul on tegu erinevate soolade ja

ainetega, mis aitavad siduda lenduvaid keemilisi ühendeid lendumatute külge. (Owusu-Twum et al. 2017)

Ühendite lendumist mõjutab suuresti ka lägalaotamise tehnoloogia. Viimaste aastate areng on läinud suuresti injektortüüpi laotamise peale, kus läga segatakse koheselt mullaga, või rohumaaade puhul tehakse rohukamarasse vagu, mille kaudu vedelsõnnik mulda viiakse (lisa 3 ja 4). Eelnevate uurimuste kohaselt väheneb vedelsõnniku koheselt mullaga segamisel NH_3 lendumine 16cm reavahega ketaste puhul 31% ja 33cm vahega randaali puhul 61% (Seidela et al. 2017).

Varasemalt kasutati peamiselt läga paisklaotust ning Lõuna-Euroopas tehakse seda suurel määral siiani. Injektor tüüpi tehnoloogia kasutamisel on lenduvate ühendite kogus väiksem, kuna need seotakse koheselt mulda, kuid paisklaotuse puhul tekib väga suur emissioon atmosfääri. Kolmas viis on lohisvoolikutega lägalaotus (lisa 5). Selle eeliseks on madalam mehaanilise ressursi tarve võrreldes injektortüübiga ja väiksem lendumine kui paisklaotuse puhul, kuid siiski on lendumine liialt suur, et pidada seda süsteemi jätkusuutlikuks. Lisaks määrab see taimestikku rohkem ja laotamise ning niitmise vahele peab jääma pikem periood, et taimik saaks vihma poolt võimalikult puhtaks pestud.

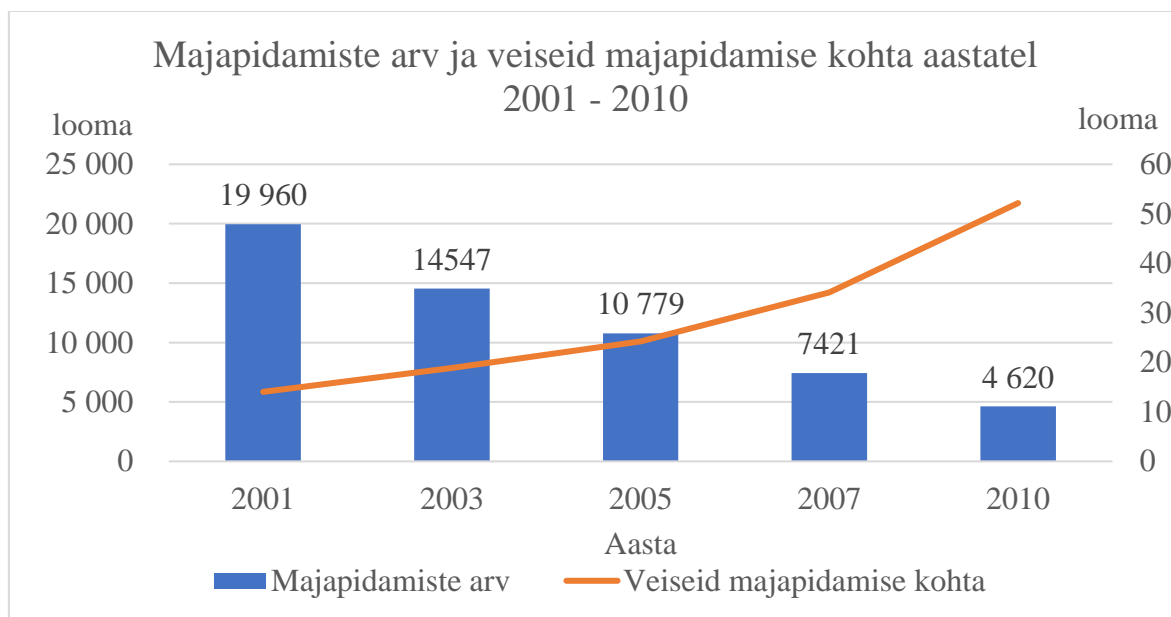
Ma tänan:

- Karl Erik Molbech'i, Farm Care Service International (Taani) direktor
- dotsent Allan Kaasik, söötmisteaduse õppetool, EMU
- doktorant Pavel Covali, mullateaduse õppetool, EMU
- doktorant Are Selge, taimekasvatuse õppetool, EMU
- lektor Indrek Keres, taimekasvatuse õppetool, EMU

kes kõik aitasid kaasa minu bakalaureuse töö valmimisele.

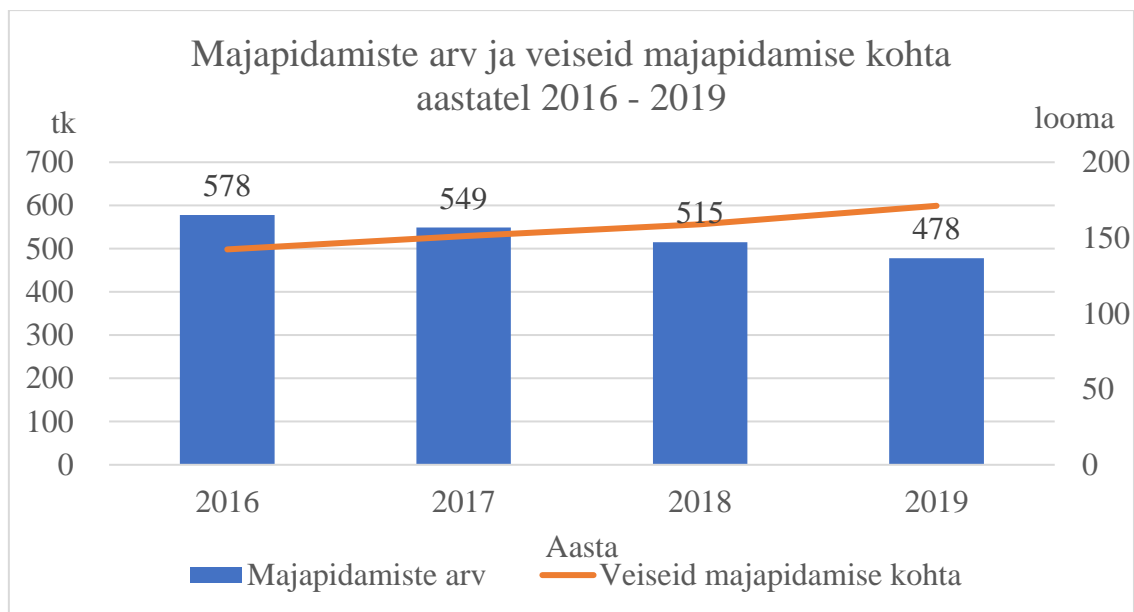
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

Viimaste aastate trend on ühe suurenevate karjade poole, kus tootmine on efektiivsem ja rohkem kontsentreeritum. Aastatel 2001 – 2010 on veiste koguarv vähenenud enam kui 15 000 looma võrra (joonis 1). Samal ajal on ühe majapidamise kohta loomade arv suurenenud pea neli korda 14 pealt 52 peale.



Joonis 1. Majapidamise arv ja veiseid majapidamise kohta aastatel 2001 – 2010. (Statistikaamet 2020)

Sama trend on jätkunud ka järgnevatel aastatel. Majapidamiste arvu vähenemine on aeglustunud, viimase nelja aasta jooksul on lõpetanud 100 karja (joonis 2). Keskmise karjasuurus on 142 pealt tõusnud juba 171 peale. Võrreldes 2001. aastat 2019. aastaga on majapidamiste arv vähenenud 19 482 looma võrra. Karja keskmine suurus on sama ajaga tõusnud 157 pea jagu. Suuremate karjade puhul kasutatakse valdavalt vedelsõnnikul põhinevat sõnnikutehnoloogiat ja seetõttu tuleb üha rohkem tegeleda läga ja selle võimalikult efektiivse ja väikeste kadudega käsitlemisega.



Joonis 2. Majapidamise arv ja veiseid majapidamise kohta aastatel 2016 – 2019. (Eesti põllumajandusloomade jõudluskontroll 2019)

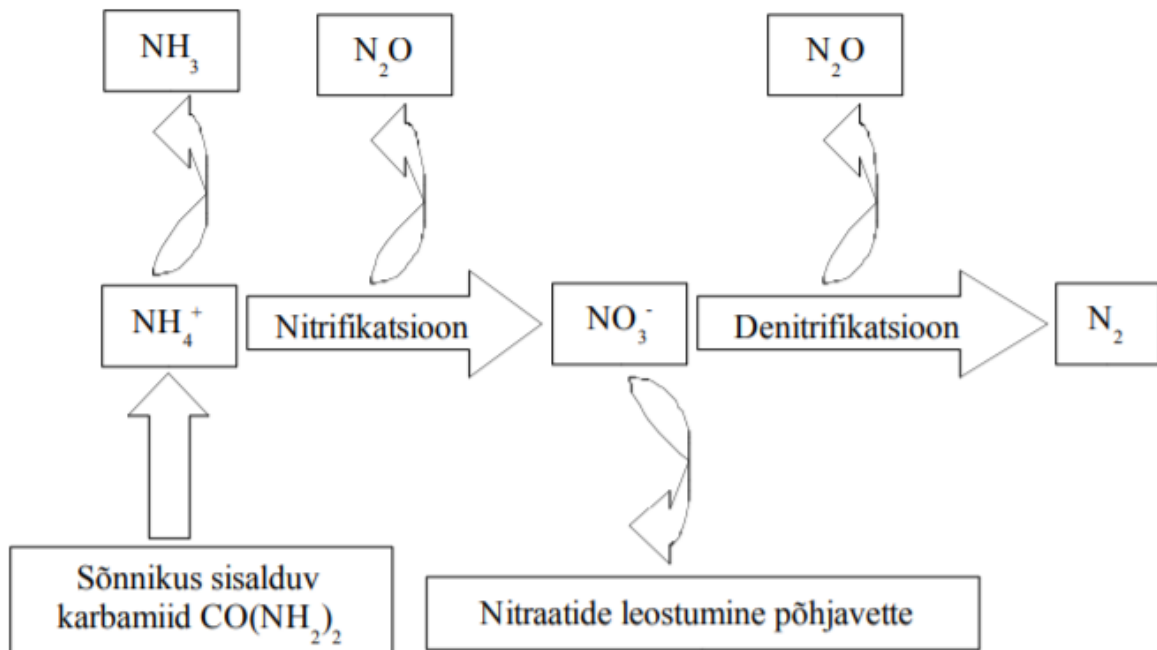
Suurim probleem vedelsõnnikuga tegelemisel on ammoniaagi (NH_3) eritumisel, 97% kogu Euroopas erituvast ammoniaagist pärineb põllumajandusest (Borgonovo et al. 2019). Erinevatel laotusviisidel on otsene mõju selle eritumisele (tabel 1). Töös kasutatava lohisvoolikutega laotuse puhul on emissioonifaktoriks 20%, ehk sisuliselt 1/5 sõnnikus olevast NH_3 lendub. Kõige efektiivsem on sügav suletud lõhega mulda viimine, mille puhul läheb kaduma vaid 1%. Muldasegamiseta paisklaotuse puhul on emissiooniks tervelt 70% (Viil et al. 2008).

Tabel 1. Ammoniaagi emissiooni erinevate laotusviiside korral. (Viil et al. 2008)

Laotusviis	Ammoniaagi emissioonifaktor, %
Paisklaotus, muldasegamiseta	70,0
Paisklaotus, muldasegamine pärast 12 tundi	65,0
Paisklaotus, muldasegamine 12 tunni jooksul	55,0
Lohisvooliklaotus	20,0
Madal muldaviimine - avatud lõhe	10,0
Sügav muldaviimine - suletud lõhe	1,0

Lendumise vähendamiseks tuleks kasutada bioloogilisi või keemilisi lisandeid (Kaasik et al. 2014). Lisandite kasutus võib ammoniaagi lendumist vähendada kuni 97% (Kavanagh et al. 2019). Lisandeid on laias plaanis kahte sorti – keemilisi ja bioloogilisi, nende seas on ka

hapestajad. Hapestamise eesmärgiks on viia läga pH võimalikult madalale, et pidurdada $\text{NH}_4\text{-N}$ üleminemist kergesti lenduvaks NH_3 ks (Viil et al. 2008). $\text{PH} < 6$ vähendab nähtavalt ammoniaagi eraldumist sõnnikust. (Kavanagh et al. 2019). Peale lendumise toimub veel mullas nitraatide leostumine põhjavette (joonis 1).



Joonis 3. Vedelsõnnikus sisalduva ammooniumlämmastiku muundumise protsess. (Viil et al. 2008).

Rohumaadele vedelsõnniku laotamisel tuleb vältida taimiku liigset määrdumist. Kõige sobivamad laotusviisid on lohisvoolikutega või avalõhe-sisestuslaotus (Tamm et al. 2016). Kui rohukamaras on liblikõielisi üle 30%, siis vajadus lämmastikuga väetamise järele puudub, kuna lämmastikuvajadust kaetakse sümbiootiliselt seotud lämmastikuga (Kanger et al. 2015). Optimaalne laotusnorm rohumaaale võiks olla 25t/ha (Tamm et al. 2016).

2. UURIMUSTÖÖ MATERJAL JA METOODIKA

2.1. Katseperioodil teostatud tegevused ja mõõtmised

Töö eesmärgiks oli uurida NovaOptimizeri mõju veisesõnniku omadustele. Peamiselt ammoniaagi lendumisele.

Katse läbiviimise koht: EMÜ Rõhu katsejaam.

Katsetegevus toimus 2019.a. vegetatsiooniperioodil.

Vedelsõnnik mahutati viite 1,0 m³ mahuga katsetünni (joonis 4).



Joonis 4. Katsetünnid vedelsõnnikuga. FOTO: A. Selge

24. aprillil

Igast tünnist võeti 11 sõnnikuproov laboris analüüsimiseks. Seejärel kaaluti elektroonilise kaalu abil välja lisandid ning raputati need tünnidesse, välja arvatud lägakivi, mille puhul oli tegu 250 m³ mahule mõeldud kogusega ning seda väiksemaks ei olnud võimalik teha. Seetõttu sai võrdluseks ka NovaOptimizerit 250 kordse normiga pandud. NovaOptimizerit läks kaaluliselt 10g, 20g ja 5kg, mis on vastavalt 0,5x, 1x ja 250x norm. Iga variant sai veekindla markeriga markeeringu, et hiljem oleksid variandid selgelt eristatavad.

Katsevariandid olid järgmised (tabel 2):

Tabel 2. Katsevariandid ja nende sisu

Katsevariandi nr.	Nimetus	Norm
1	Kontroll	0
2	Lägakivi	250x
3	NovaOptimizer 0,5	0,5x
4	NovaOptimizer 1	1x
5	Novaoptimizer 250	250x

10. – 14. mai

Lenduvate ühendite mõõtmise toimus seadme Dräger X-am 7000 abil.

Dräger X-am 7000 (joonis 5) on universaalne aparaat NH₃, CH₄, CO₂, CO ja H₂Ssisalduse määramiseks õhust (Dräger).



Joonis 5. Erinevate gaaside mõõteseadme Dräger X-am 7000. FOTO: Kusti Aavik

Enne mõõtmise alustamist katseanumad avati ja lasti tuulduda, kuna siiani olid need olnud pealt korgiga suletud ja seetõttu oli sealolev CO₂ kontsentratsioon muutunud mõõteseadme jaoks liialt kõrgeks ning teiste gaaside mõõtmine osutus võimatuks. Mõõdistamiseks asetati mõõteaparaadi sensor tünni, umbes 10cm sõnniku tasapinnast kõrgemale.

2.1.1. Põldkatse rajamine ja katseala ilmastiku kirjeldus

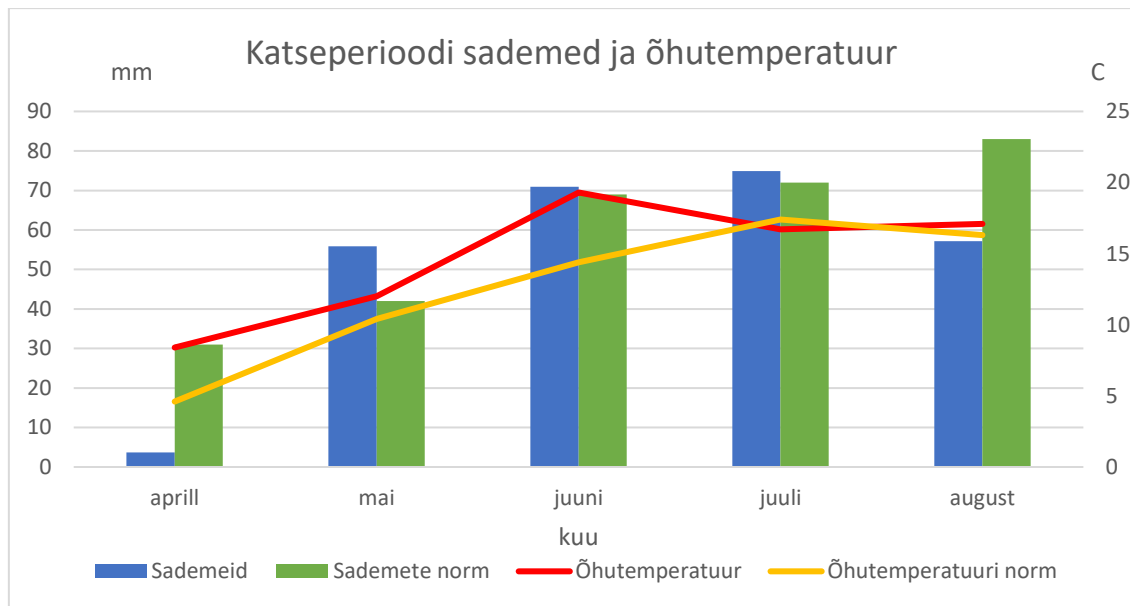
Põldkatse rajati 17. juunil EMÜ Rõhu katsejaama, põllule koordinaatidega 58.3651N 26.6611E Tartumaa, Õssu (joonis 6).



Joonis 6. Aerofoto, punasega märgitud katselapi asukoht. Aluskaart: Maaamet

Pilvealune, tuult väga vähe. Temperatuur 20 C⁰ ringis. Muld võrdlemisi kuiv, kuna viimati sadas 3 päeva tagasi. Keskmine ööpäevane õhutemperatuur 18,5 C⁰, sademeid 0mm, keskmine tuulekiirus 1,3m/s. Esimene sadu tuli nädal aega pärast katse alustamist 26.06.19, mil ööpäeva vältel sadas 1,2mm vihma(Riigi Ilmateenistus, Tartu - Tõravere). Kogu katseperioodi ilm oli väga heitlik.

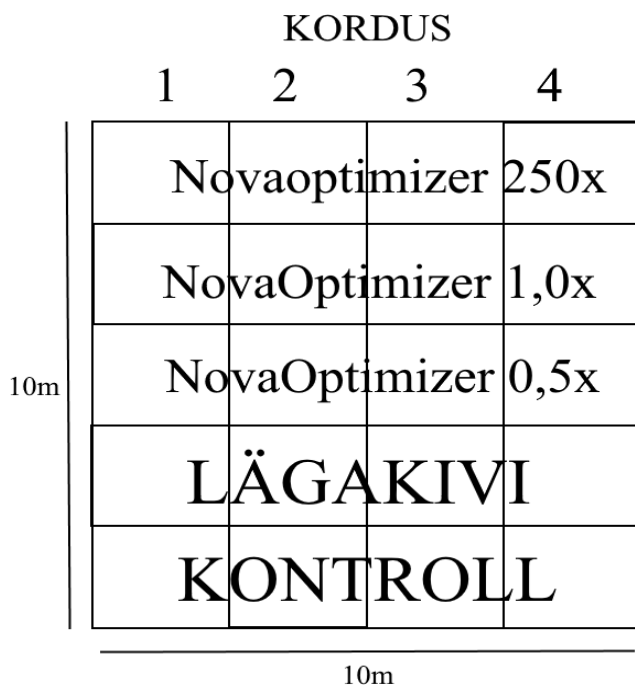
Aprillikuus oli sademeid 88% vähem kui paljuaastase keskmisena, mis tekitas taimedel tugeva põua olukorra ja seekaudu ka pikaajalise stressi kogu suve perioodiks (joonis 7). Õhutemperatuur oli keskmisest 4 kraadi soojem. Mai ilmastik oli veel heitlikum. Kuu algul tuli vihma, kuid pärast seda oli mitu nädalat pööda. Kokkuvõttes tuli sademeid 14mm üle normi, temperatuur oli 2 kraadi keskmisest üle. Nii juuni kui juuli ilmastik oli sademetelt normi ligidal, jäädes 70mm piirimaile. Keskmise õhutemperatuur oli juunis tugevalt üle keskmise, olles tavapärase 14kraadi asemel 19,3 kraadi, juulis aga tavapärane 17 kraadi. August oli taaskord põuasem, sademeid tuli 25mm vähem kui keskmiselt, samas õhusooja oli vähem kui kraadi jagu üle mitmeaastase keskmise (Riigi Ilmateenistus, Tartu - Tõravere).



Joonis 7. Katseperioodi sademed ja õhutemperatuur. Riigi Ilmateenistus.

Katsepõld - vana kultuurrohumaa, rohundite osakaal suur. Kultuurtaimedest esines vähesel määral valget ristikut ja umbrohtudest oli valdav võilill.

Enne sõnniku laotamist rohumaaale, segati kogu katsemahutis olev orgaaniline väetis põhjalikult elektritrelli ja seguvispli abil läbi, seejärel võeti uued proovid. Põldkatse tarvis mõõdeti välja 10mx10m mõõdus katselapp (joonis 8). Mõõdistati välja igale variandile 2x10 rohumaariba ja tähistati need puidust pulkadega (joonis 9).



Joonis 8. Katselapil kasutatud katsevariandid skeemina



Joonis 9. Katselapp pärast variantide üles seadmist. FOTO: I. Keres

21. august

Määrati katsevariantide heintaimiku kuivainesaak, selleks niideti ~ 4cm kõrguselt 2m² suurused katselapid neljas korduses. Seejärel niidetud rohumass kaaluti, kordustest võeti keskmine rohuproov kaaluga 500 grammi, mis viidi koheselt EMÜ Taimebiokeemia laborisse, kus määrati proovist kuivaine- ja rohusööda toitainete sisaldus.

Analüüsiti järgmisi sööda kvaliteedi näitajaid:

- Kuivaine sisaldus (DM)
- Seeduvus (DDM)
- Toorproteiin (CP)
- Happekiud (ADF)
- Neutraalkiud (NDF)
- Metaboliseeruv energia (ME)
- Ca, P, Mg ja K sisaldus
- Toortuhk
- Suhkrute sisaldus

Rohusööda söötmisel on oluline teada toitefaktorite kättesaadavust söödast, teisisõnu kuivaineseeduvust ehk DDMI. See näitab kui palju söödast on reaalselt loomale omastatavas vormis (Tamm 2017).

Arvutuslikult on selle jaoks järgmine valem (Tamm et al 2017):

$$KA \text{ seeduvus} = \text{söödud KA} - \text{rooja KA} / \text{sööda KA} \times 100$$

kus KA seeduvus on protsendiliselt söödud kuivaine ning roojaga väljutatud kuivaine ja sööda kuivaine jagatise vahe, mis on läbi korrutatud sajaga.

Mitte vähem tähtsad näitajad on ka happekiu (ADF) ja neutraalkiu (NDF) sisaldus söödas. Kiudained kujutavad endast struktuurseid süsivesikuid, mida loom mäletsejalised vajavad vatsaseede korrashoiuks ja omavad tähtsat rolli energiaallikana. Neutraalkiud sisaldab ligniini, tselluloosi ja hemitselluloosi. Kuivaine NDF sisaldust peetakse määravaks rohusööda seeduvuse määramisel. Kõrreliste puhul on neutraalkiu osakaal kõrgem kui liblikõieliste puhul, kuid ligniini väiksema osatähtsuse tõttu seedub see kiiremini. Happekiu moodustavad ligniini, lisaks pektiinained ja tselluloos ning vähesel määral mineraalaineid. (Tamm 2017)

2.2. Katseala mullastik

Antud piirkonnale on iseloomulik näivleetunud muld (LP). Lõimiselt on tegu enamasti saviliiv või liivsavi mullaga. Kuna mulla lähtekivimid on olnud karbonaadiainesed, siis valdavalt on tegu happelise mullaga (Astover, Leedu 2019). Seda tõestab ka katselapp, kus pH_{KCL} oli 4,4 (tabel 3). Sellises mullas on taimede jaoks mullast toitainete omastamine tugevalt raskendatud ja need kuhjuvad mulda, seetõttu võib proovide alusel justkui näida, et toitaineid on piisavas koguses, kuigi tegelikult taim neid kätte ei saa (Kanger et al. 2015). Mullaproovist nähtub, et fosfori tarve on suur ja kaaliumi tarve väga suur. Huumushorisoni tüsedus on 25-27cm ja see on lõimiselt saviliiv. Perspektiivne boniteet on 47. (Maaamet 2020)

Tabel 3. Katseala mullaanalüüsi tulemused, analüüsitud EMÜ Taimebiokeemia laboris

	pH _{KCl}	KA %	N %	NH ₄ - N mg/kg	NO ₃ - N mg/kg	P mg/kg (AL)	K mg/kg (AL)	Ca mg/kg	Mg mg/kg	Org. aine, %
Muld	4,40	86,56	0,175	0	5,09	30,52	40,32	444,8	58,74	2,82

Läga laotamiseks sai kastekannu abil imiteeritud lohisvoolikutega laotamise tehnoloogiat, mille puhul sõnnikut mulda ei injekteerita ega segata sellega, vaid sõnnik jääb lihtsalt maapinnale ja peab ise sisse imenduma (joonis 10). Lohisvoolikutega laotuse korral on 20% emissioon tõestatud ja seega tuleb seda tüüpi tehnoloogiat kasutades sellega ka arvestada.



Joonis 10. Katselapp pärast sõnniku laotamist. Foto: I. Keres

Kuivades ilmastikutingimustes oleks hea kui pärast laotamist tuleb vihm. Antud töös tuli esimene vihm alles nädal peale vedelsõnniku laotamist ja seega seekaudu kiirendav mõju toitainete mulda jõudmisele puudus. Sellistes tingimustes oleks väiksema ammoniaagi kao andnud injektorlaotamise kasutus.

2.3 Andmete töötlemine

Andmete töötlemiseks kasutati programmi Microsoft Excel. Visandite koostamisel on olnud abiks Adobe Photoshop. Statistika analüüsil kasutati Anova dispersioonanalüüsi. Statistikat ei ole kuvatud täiel määral, vaid on püütud leida tähtsamad punktid. Seoseid variantide vahel sai uuritud Tukey HSD testi abil, kus $p=0,05$.

3. UURIMUSTULEMUSTE ANALÜÜS

3.1. Läga koostise analüüs

3.1.1. Üldnäitajad

Katse alguses võeti igast variandist proov, et saada ülevaade algmaterjali koostisest. Andmete põhjal selgub, et proovides oleva kõrgeima ja väikseima väärtuse vahel erinevusi leidub. Suurim neist esines fosfori puhul, kus see oli 66,7% (tabel 4). Seejärel ammoniaagi (48,4%), lämmastiku (42,4%) ja magneesiumi (42,4%) sisalduses. Väiksem aga pH ja kaltsiumi kontsentratsioon, kus mõlema puhul oli 14,4% ning orgaanilise aine ja kaaliumi korral vastavalt 12,3 ja 8,8%. Kõige väiksem oli erinevus kuivaine sisalduses jäädes 6,2% sisse. Kuivaine protsendi alusel liigitub antud töös kasutatav sõnnik poolvedelasõnniku (edaspidi kasutan terminit 'läga') kategooriasse.

Maaeluministeeriumi 14.07.2014 määruse nr. 71 alusel on piimalehmade sõnniku toitainete keskmine sisaldus kuivainesse ümberarvutatuna järgmine (Riigiteataja):

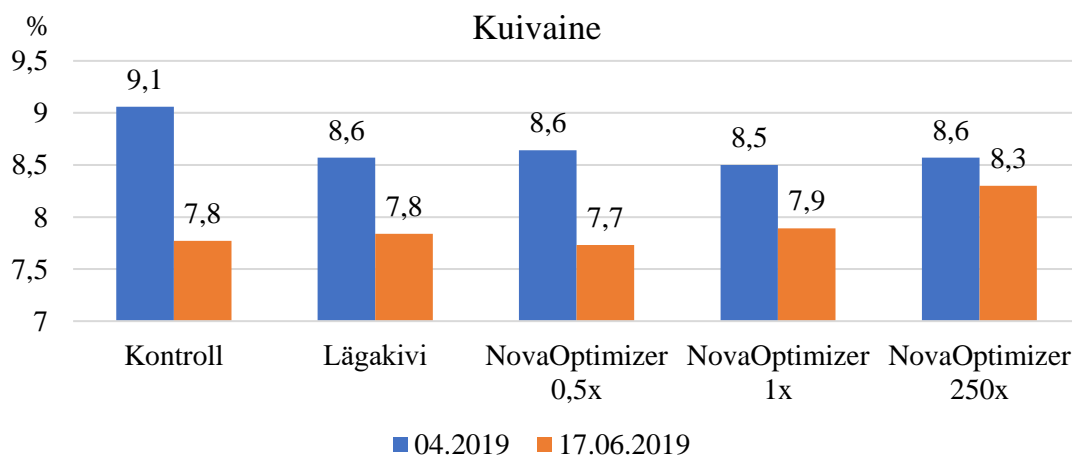
- Lämmastik (N) 0,39%
- Fosfor (P) 0,085%
- Kaalium (K) 0,29%

Keskmiselt oli töös kasutatud lägas lämmastikusisaldus 0,52%, fosfori 0,09% ning kaaliumi 0,24%. Seega erinevus määrusega on vastavalt 0,13%, 0,005% ja 0,05%. Sellest võib järeldada, et ministeeriumi baasmäärad on üsnagi tõepärased, kuna kattuvad reaalselt võetud proovi tulemustega.

Tabel 4. Katsesse võetud sõnniku analüüsitulemused

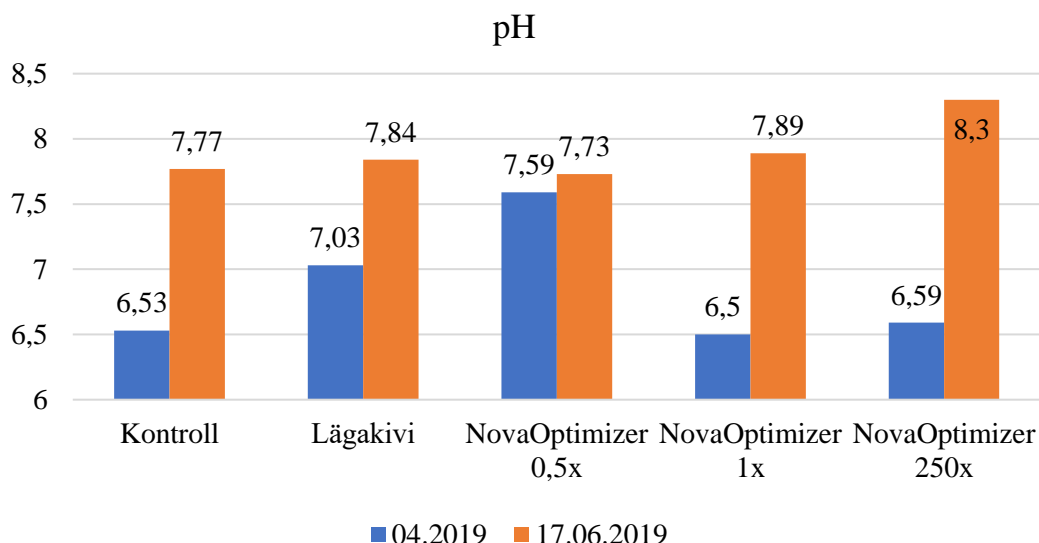
Variant	pH	KA %	N %	NH ₄ -N mg/kg	NO ₃ -N mg/kg	P %	K %	Ca %	Mg %	Org. aine %
1.	6,53	9,06	0,403	2051,5	0	0,059	0,250	0,162	0,057	69,69
2.	7,03	8,57	0,701	3976,4	0	0,062	0,232	0,157	0,092	61,13
3.	7,59	8,64	0,624	3414,4	0,57	0,065	0,234	0,167	0,058	69,17
4.	6,50	8,50	0,447	2286,3	0	0,177	0,233	0,143	0,053	67,89
5.	6,59	8,57	0,422	2026,2	0,60	0,103	0,228	0,146	0,090	68,99

Üldnäitajatest sai uuritud läga kuivaine sisaldust ja pH'd. Mõlema faktori puhul on märgata võrdlemisi suuri muutusi. Kuivaine puhul toimus suurim muutus kontrollkatses, kus toimus 1,29% suurune langus. Teiste variantide puhul jäi langus veidi väiksemasse vahesse. Kõige väiksem muutus toimus 250x normiga NovaOptimizeri katses, kus see oli vaid 0,27% (joonis 11). Samas võib väita, et lisandite kasutus ei mõjuta usutavalt kuivaine % muutust, kuna see muutus toimus samas suurusjärgus ka kontrollkatse puhul. Ilmselt langes kuivaine antud katses põhiliselt seadmise tõttu ning enne proovi oleks pidanud sõnnikut veelgi pikemalt segama.

**Joonis 11.** Kuivaine sisaldus variantides enne ja pärast lisandite kasutust.

Läga pHs on suuremad erinevused olnud kontrolli ja NovaOptimizeri katsevariantide puhul, kus muutus on olnud pea 1 ühiku võrra (joonis 12). Lägakivi variandis toimus tõus

7,0 pealt 7,7 peale. Samas oli ka algselt kõrgeim pH just lägakivi katses kasutatud vedelsõnnikus.

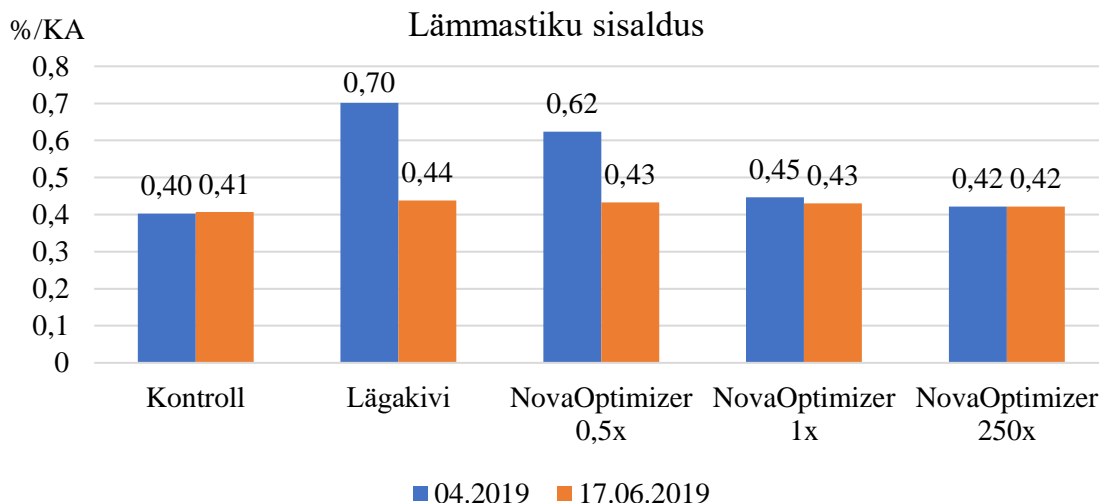


Joonis 12. Läga pH variantides enne ja pärast lisandite kasutust.

Seetõttu võib väita, et pH muutus ei ole tingitud lisandite kasutusest. Kirjanduse andmetel on vedelsõnniku pH langetamisel alla 'kuue' tugev mõju NH_3 emissiooni vähenemisele, seda näiteks võrrelduna 7,0 pHga tervelt 74% (Seidela et al 2017). Lendumise vähenemine algab alla 7,0 pH puhul (Tamm et al. 2016). Seega mõjub toimunud tõus pigem soodustavalt ammoniaagi emissioonile. Katses nii madalat pHd ei esinenud, kuna ei tegeletud vedelsõnniku hapestamisega.

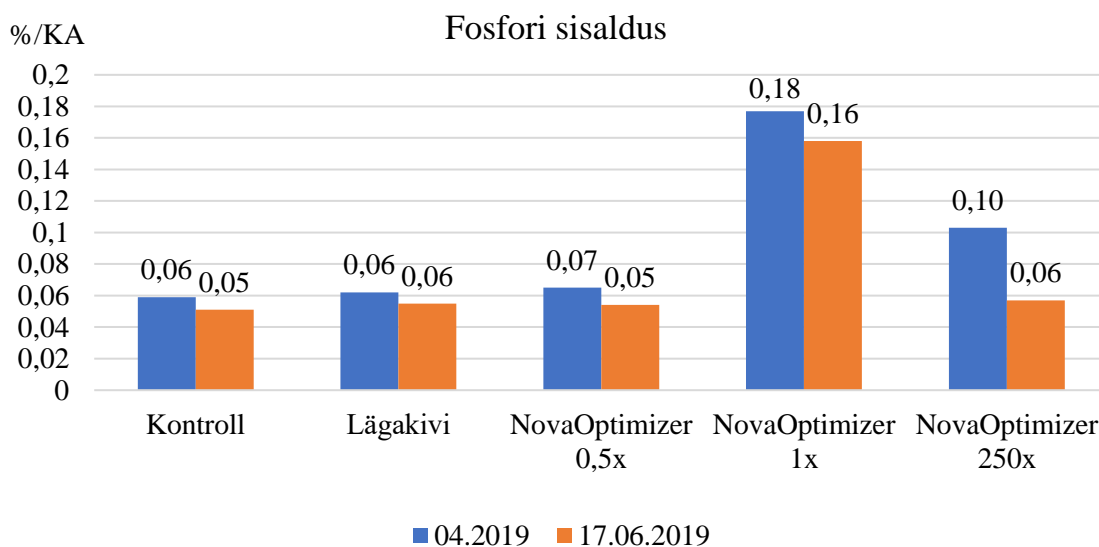
3.1.2. Toiteelementide sisaldus

Makroelementidest uuriti kolme peamise toitainet - lämmastiku, fosfori ja kaaliumi sisaldust lägas. Lämmastiku sisalduses esines suurem erinevus vaid lägakivi ja NovaOptimizer 0,5x puhul, kus see oli langenud vastavalt 0,26‰ ja 0,19‰. Teiste katsevariantide puhul on sisaldus jäänud pea samaks, st. erinevus <0,02‰. (joonis 13).



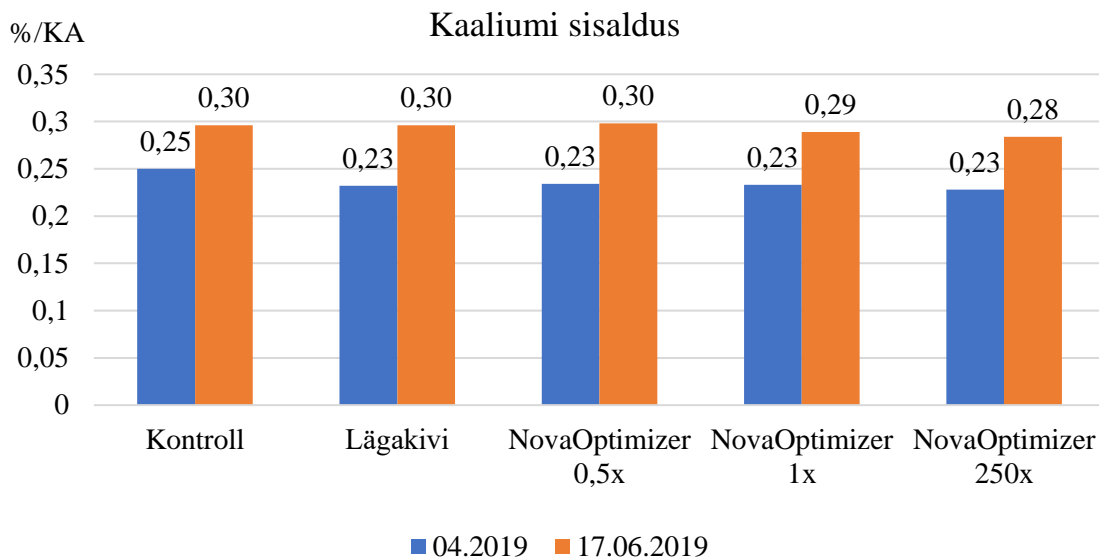
Joonis 13. Lämmastikuisaldus variantides enne ja pärast lisandite kasutust.

Fosfori sisalduses on suuremat erinevust näha vaid 250x NovaOptimizeri normi puhul, kus see on langenud 0,10% pealt kuivaines 0,06% peale (muutus -0,04%) (joonis 14).



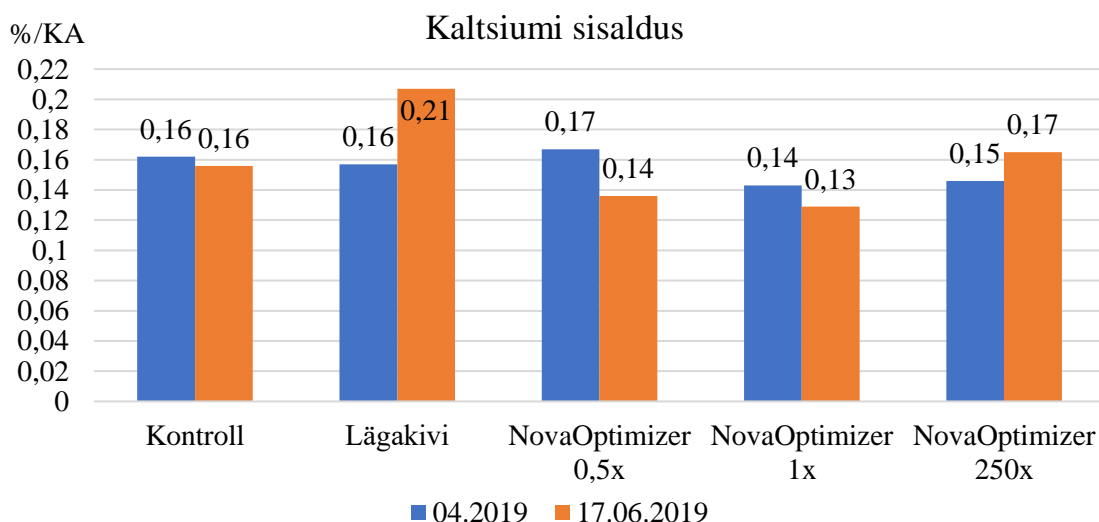
Joonis 14. Fosfori sisaldus variantides enne ja pärast lisandite kasutust

Kaaliumi sisaldus on võrreldes katse algusega suurenenud kõigis variantides ja seda samas suurusjärgus. Jäädes peale katset vahemikku 0,284 – 0,296% kuivainest (joonis 15).



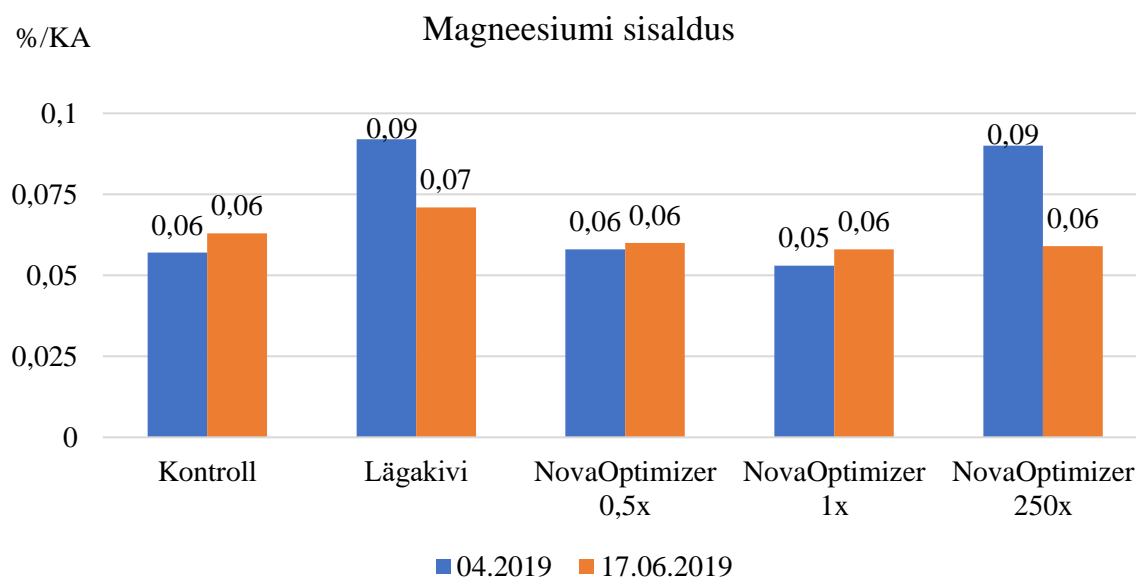
Joonis 15. Kaaliumi sisaldus variantides enne ja pärast lisandite kasutust.

Mikroelementidest määrati magneesiumi ja kaltsiumisisaldus. Kaltsiumi sisalduses on näha rohkem kõikumisi. Kõige rohkem on see suurenenud lägakivi puhul(joonis 16). 0,16% pealt 0,21% peale kuivainest (0,05‰). Teiste variantide puhul on muutus olnud alla 0,03‰.



Joonis 16. Kaltsiumi sisaldus variantides enne ja pärast lisandite kasutust.

Magneesiumisisalduses on näha kahte suuremat muutust (joonis 17). Teistel juhtudel on toimunud väike sisalduse suurenemine, mis on jäänud alla 0,02‰.



Joonis 17. Magneesiumi sisaldus variantides enne ja pärast lisandite kasutust.

Lägakivi puhul on sisaldus vähenenud 0,09% pealt 0,07% peale (- 0,02‰) ja NovaOptimizeri 250x normi puhul 0,09% pealt 0,06% peale (- 0,03‰).

3.1.3. Kokkuvõte

Üldjuhul võib väita, et suuri muutusi läga toitainete sisalduses lisandite kasutus ei põhjustanud. Kuivaine vähenes kõigi variantide puhul ja seda ilmselt seetõttu, mille puhul tahkem fraktsioon vajus põhja ja vedelam jäi üles poole ning proovi võtmisel ajal ei olnud läga piisavalt läbisegatud, saamaks adekvaatset tulemus. Tulemuste järgi liigitus määruse mõistes osa poolvedelast sõnnikust ümber vedelsõnniku kategooriasse.

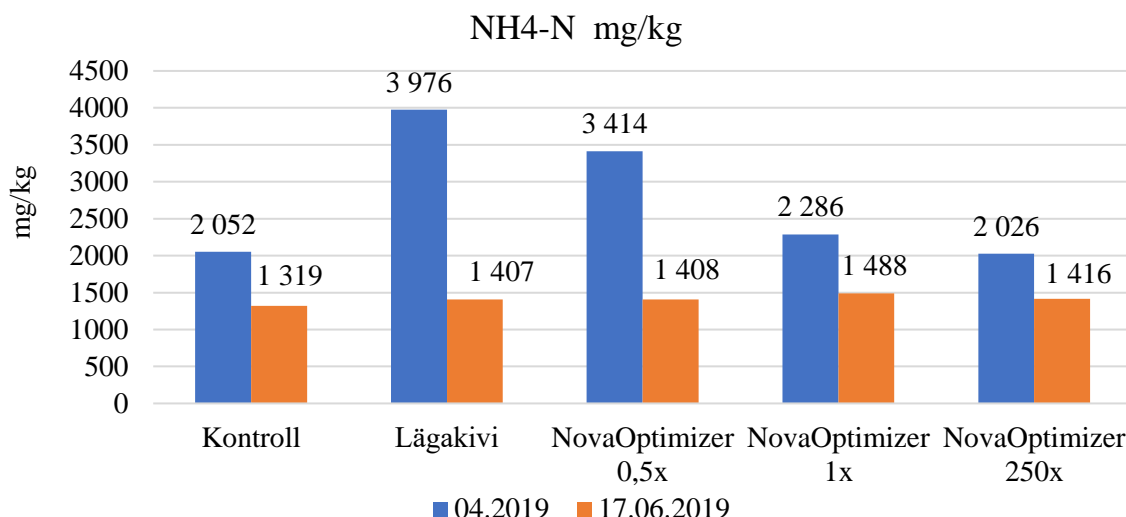
pH poolest muutus läga tunduvalt ühtlasemaks, kui enne katset oli erinevus suurima ja väikseima väärtuse vahel üle ühe ühiku, siis peale katset oli see kõigest 0,5ühikut. Toetudes kirjandusele võib väita, et emissiooni vähenemisele töötab pH tõus katsetes vastupidises suunas ja pigem soodustab seda.

Toitainete poolest suureneb kaaliumi sisaldus normi kohasel kasutusel 20,7%, samas kui poole normi korral toimus 23,3% suurenemine. Muus osas selget joont välja ei joonistunud. Ilmselt aitaks siinkohas rohkemate korduste tegemine ka variandi siseselt, et leida mitme korra keskmine ja sellest järeldusi teha.

3.2. Lenduvate ühendite analüüs

3.2.1. Lenduvate ühendite sisaldus

Võrreldes katse lõpus võetud läga proove algmaterjali omaga on näha ammooniumlämmastiku ($\text{NH}_4\text{-N}$) sisalduse vähenemist kõigis katsevariantides (joonis 18).



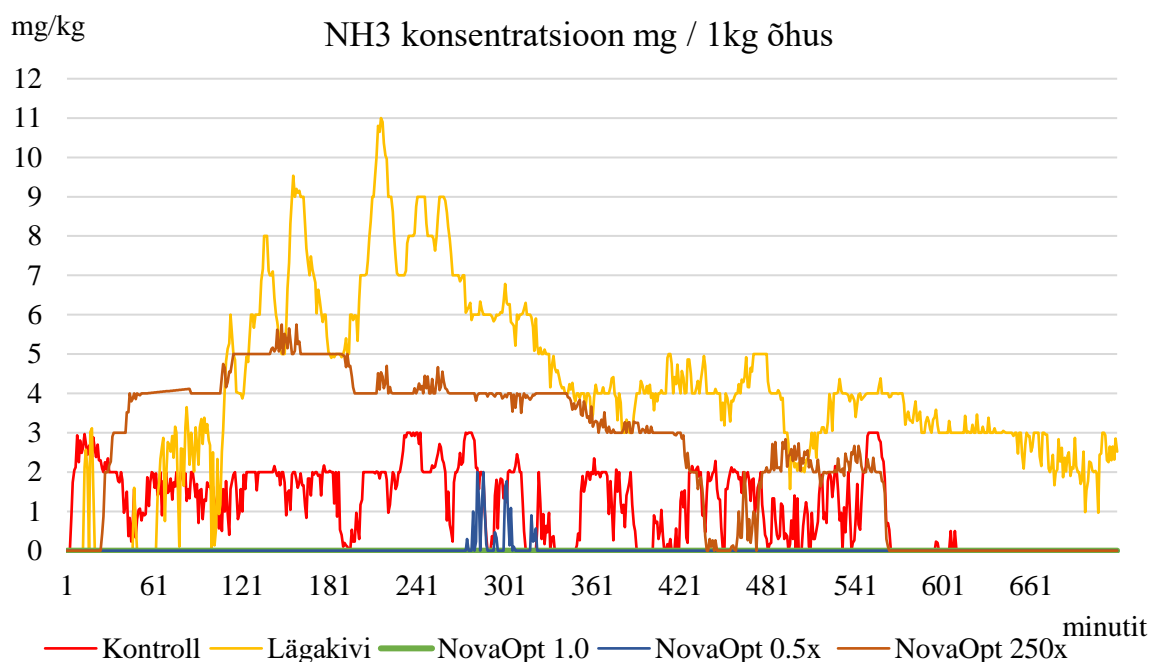
Joonis 18. Ammooniumlämmastiku sisaldused variantides enne ja pärast katset.

Enim on see langenud lägakivi katses – 2 569mg/kg, mille algsisaldus samuti olnud kõige kõrgem – 3976mg/kg. Vähenemise järjestuses järgmine on NovaOptimizer 0,5x normiga, mille puhul on langus olnud 2007mg/kg. Seejärel NovaOptimizer 1x - 799mg/kg, Kontroll – 732mg/kg ja NovaOptimizer 250x – 610mg/kg. Sealjuures on näha, et peale katset on $\text{NH}_4\text{-N}$ sisaldus kõikides katsevariantides jäänud ühte suurusjärku, olles vahemikus 1319 – 1488mg/kg. Võrreldes kontrollvariandiga on lisanditega variantidesühendi sisalduseks olnud keskmiselt 1430mg/kg (+ 8,8%), mis tähendab, et lendumist esines veidi vähem.

3.2.2. Ühendite lenduvus

Teostatud ammoniaagi sisalduse mõõtmise õhust näitas selget NovaOptimizeri toimet (joonis 19). Nii poole kui ka täis normiga kasutades oli eraldumine minimaalne, olles 0,5x puhul maksimaalselt 2mg/kg õhus mõõtmise hetkel. Õige normi puhul NH_3 ei eritunud ja

seega lisand täitis oma eesmärgi täielikult. Kogu 12 tunnise mõõteperioodi jooksul oli mõju 100 protsendiline.



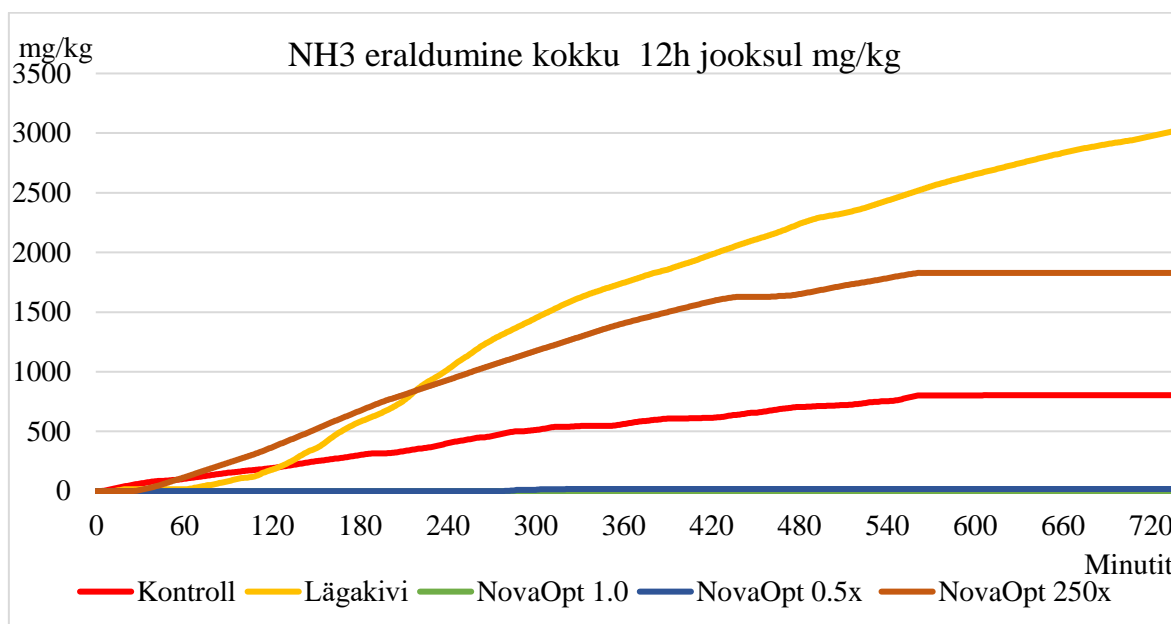
Joonis 19. Ammoniaagi sisaldus õhus mõõdetuna 12 tunnise aja vältel.

Kontrollvariandi puhul oli maksimaalseks NH₃ kontsentratsiooniks 3mg/kg ja keskmiselt oli õhus 1,26mg/kg.

Lägakivi kasutamise puhul oli NH₃ lendumine eriti aktiivne, olles maksimumhetkel 11mg/kg. See on pea 4 korda rohkem kui ilma lisandideta kontrollkatse puhul. Samas tuleb tõdeda, et kasutati 250x normi, kuna lägakivi pakend oli toodetud 250m³ mahu arvestusega, ning seda polnud võimalik vähemal kujul kasutada. Tänu NovaOptimizeri 250x normiga katsele joonistub selgelt välja, et suurema normiga lisandi kasutus toob vastupidise efekti ja hoopis soodustab ammoniaagi eritumist õhku. Kõige suurem oli see 1,5h – 5,5h peale mõõtmise alustamist ja vähenes ajapikku. Keskmiselt oli antud variandi puhul õhus 4,13mg/kg NH₃, vajab edasist uurimist, kas õige normiga lägakivi oleks andnud sarnase tulemusega normi piires NovaOptimizeri kasutusega.

Kumulatiivse eraldumise analüüs kinnitab momentaalse emissiooni alusel tehtud järeldusi (joonis 17), et enim lendub NH₃ suure normiga lägakivi kasutuse puhul. 12 tunnise

ajaperioodi vältel oli selle puhul kumulatiivseks eraldumiseks üle 3000mg/kg, samas kui lisandite kasutuse puhul oli see pea null (joonis 20).



Joonis 20. Ammoniaagi kumulatiivne sisaldus õhus, mõõdetuna 12 tunnise aja vältel.

Arvestades, et kontrolli puhul eraldus 12 tunni jooksul kumulatiivselt 800mg/kg ammoniaaki ja lägakivi puhul üle 5 korra rohkem, on tingimata oluline järgida õigeid kasutusnorme. Kasutusnorm võib pigem olla isegi väiksem, sest 0,5x normiga NovaOptimizeri kasutuse puhul on lendumine olnud samuti marginaalne ja lisandi mõju piisav, et hoida NH₃ eraldumine kontrolli all.

3.2.3. Kokkuvõte

Katsest nähtub, et teoreetiliselt peaks lisanditega töödeldud läga paisk- või lohisvoolikutega laotamisel andma lisaega selle mullaga segamisel, ilma omamata suuri kadusid NH₃ lendumise näol. Samas ilma lisandita läga puhul tuleks kindlasti kasutada kohest läga mullaga segamist vähendamaks tekkivat ammoniaagi kadu. Seejuures antud katses erinevate laotustehnoloogiate mõju konkreetselt ei uuritud ja täpsema vastuse saamiseks mõjust erinevatele laotusviisidele tuleks teha eraldi katse. Kindlasti vältida liigset lisandi kogust, kuna tulemus on siis vastupidine selle kasutuse eesmärgile.

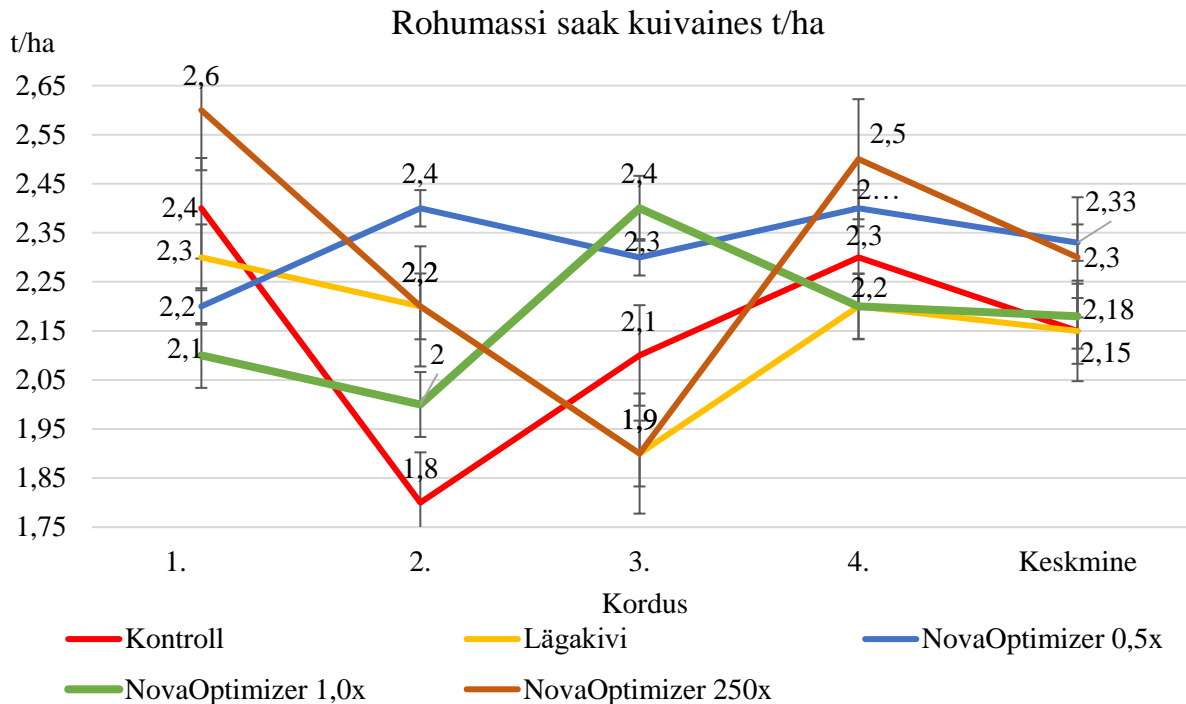
4. ROHUSAAGI ANALÜÜS

4.1. Rohumassi saagikus ja selle analüüs

Tavapärane praktika Eestis on kultuurrohumaal teha kolm niidet. Sõltuvalt ilmastikuoludest võib ette tulla ka neljanda niite võimalikkus, kuid see on pigem erand. Antud töös mõõdeti rohumassi saaki (arvutatuna kuivainesse) vaid ühe korra, kusjuures rohumaal mõistes oli tegu II niitega. Kolmanda niitesaaki ei määratud, kuna põuase perioodi tõttu oli taimede kasv kehv ja kolmandat niidet ei tehtud. Üldjuhul jäävad rohumaakogusaagid kuivainesviie tonni juurde hektari kohta. Katses oli rohumaal II niite saagikuseks kõigi variantide keskmisena 2,22t/ha.

Saagikus sõltub mitmetest teguritest. Kõige esmane on taimede kasvufaas, mida hilisem faas, seda suurem on saak, kuid langeb rohusööda kvaliteet (Tamm 2017). Teisalt vähem oluline pole sademete olemasolu. Katseperioodil oli tegu küllaltki kuiva ajaga, keskmisest tuli sademeid 34mm võrra vähem.

Nelja korduse keskmisena tuli suurim saak NovaOptimizeri 0,5x kasutuse puhul, mil see oli 2,33t/ha, mis on 0,03t/ha võrra rohkem kui 250x normi puhul (joonis 21). Samas oli suure normiga kasutuse puhul saagi kõikumine küllaltki suur, jäädes vahemikku 1,9 – 2,6t/ha. Kuivainesaagilt järgnes soovitusliku normiga NovaOptimizeri katse saagikusega 2,18t/ha ning võrdelt madalaima keskmise saagiga olid kontrolli ja lägakivi katsed. Vahe suurima ja väikseima keskmise saagi vahel oli 0,18t/ha.



Joonis 21. Rohumassi saak kuivaines t/ha.

Saagikuse põhjal võib väita, et kõige mõistlikum on kasutada 0,5x NovaOptimizeri normi, mille puhul erinevus soovitusliku ja poole normi saakide vahel oli 0,14t/ha kuivaines 0,5x normi kasuks. Lisaks oli selle katsevariandi puhul ka kõige stabiilsem saagikus. Teisalt aga tuleb silmas pidada tõsiasja, et põua tõttu on saagikus väike ja ka katsetulemuste erinevused võivad olla vähemalt osaliselt põhjustatud veedefitsiidist taimedel. Veel on antud rohumaa puhul muld tugevalt happeline ja pH peaks olema liblikõieliste, kasvatuseks vähemalt 6 ja üle selle, samuti on see liialt madal kõrreliste heaks kasvuks (Astover, Leedu 2019). Ka see on üks põhjustest saagikuse kujunemisel.

Statistiliselt usutav saagierinevus katsete vahel puudus ($p > 0,05$) ja andmeanalüüsi alusel tuleb väita, et erinevate variantide puhul saagikus olulisel määral ei muutu.

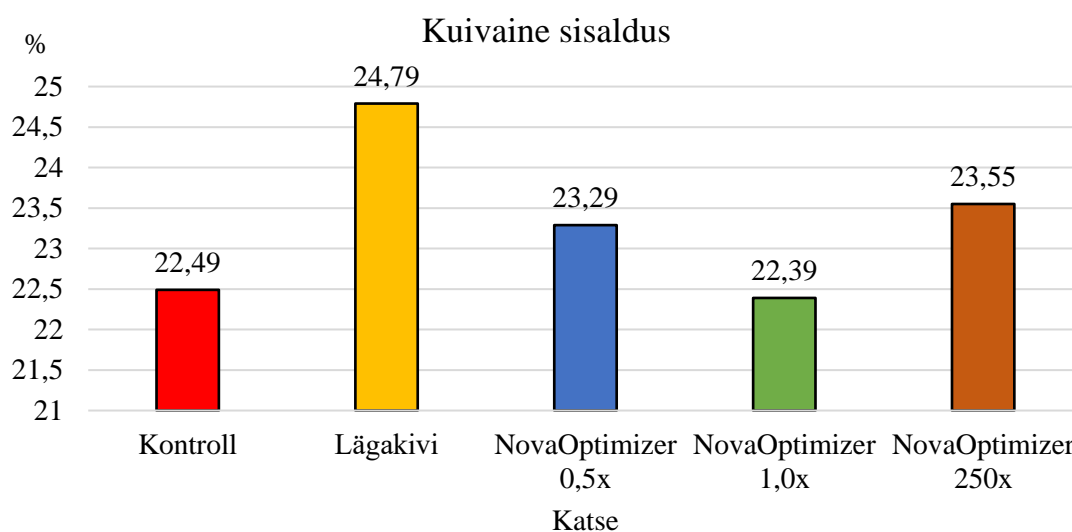
4.2. Rohumassi kvaliteet ja selle analüüs

Kvaliteetse rohusilo aluseks on hästi väetatud ja tugev kultuurtaimik. Katsepõllul kasvas liblikõieliste ja kõrreliste segu, mis oli suures osas asendunud rohunditega. Rohundeid oli taimikus üle 50%, mis tähendab, et rohumassikvaliteet kannatas tugevasti kultuurtaimede

vähesuse pärast. Lisaks oli seetõttu suurem konkurents ka toitainetele ja valgusele ning kultuurtaimede kvaliteet kannatas.

Mitte vähem oluline on rohumass niita õiges kasvufaasis, kuna taimiku vananedes suureneb ligniini, tselluloosi ja hemitselluloosi sisaldus. Optimaalne koristusaeg antud põllul oli ristikuõiepungade moodustumise faasis. Kõrreliste rohke rohumaa puhul oleks sõltuvalt kultuurist olnud optimaalseim aeg loomisfaasis. Sellel hetkel on saagi ja selle kvaliteedi suhe kõige parem (Vadi 2003). Liialt vara niites kaotame aga saagis ning väheneb majanduslikust aspektis niite tasuvus.

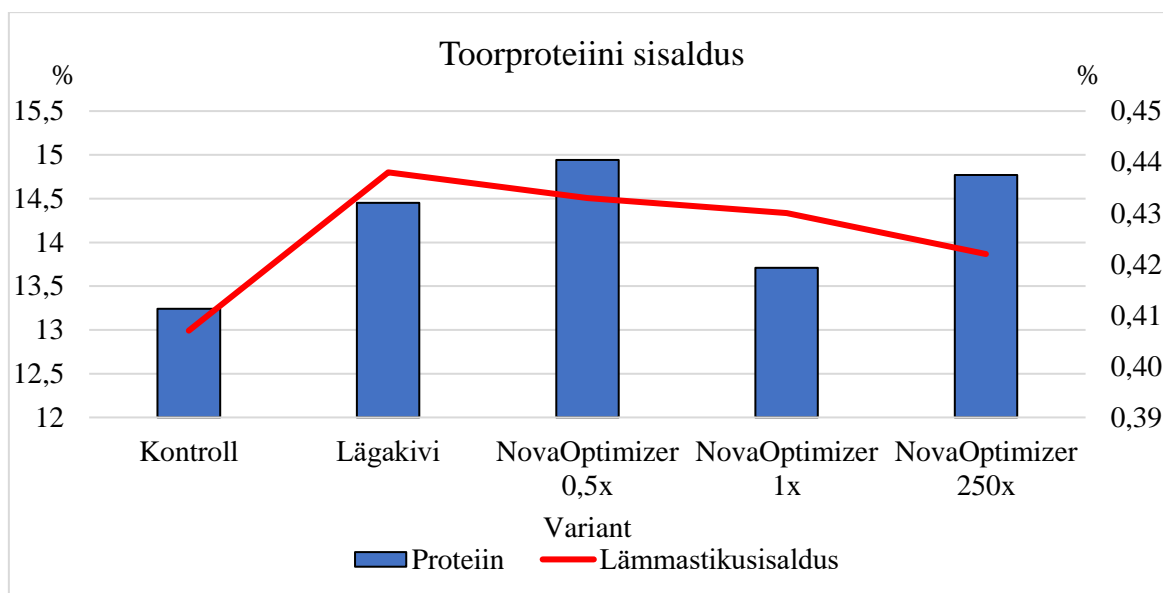
Rohumassi kuivainesisalduses eristub teistest lägakivi, mille puhul on sisaldus 24,8%, mis on üle 2% suurem kui kontrollkatse puhul (joonis 22). Kõige madalam näitaja esines normikohase (1,0x) NovaOptimizeri kasutuse puhul, mil see oli 22,4%, mis samas ei jää kaugele maha kontrollkatse esinenud 22,5% sisaldusest. Seega saab järeldada, et normikohase NovaOptimizeri kasutuse puhul haljasmassi kuivainesisalduses märgatavat muutust ei toimu.



Joonis 22. Rohumassi kuivaine sisaldus protsentides.

Rohumass peaks sisaldama küllaldaselt suhkruid, et kiirendada käärimist ja seeläbi saada ka paremini sileerunud silo. Silokultuuridest kõige suhkrurikkam on mais, seejärel on kõrreliste ja kõige suhkruvaesemad on liblikõielised (Tamm 2019). Toorproteiini sisaldus peaks olema vähemalt 14-15%, kuid samas ei tohi see olla üle 20%, kuna siis suureneb tunduvalt nitraatide sisaldus rohus ja väheneb proteiini omastatavus loomade poolt

(Geherman, Parol 2004). Katses oli see 13,2 – 14,9% (joonis 23). Seega oli toorproteiini seisukohalt tegu küllaltki hea algmaterjaliga silo tegemiseks, kuna soovituslikust erines lägakivi, NovaOptimizeri 0,5 ja ühe kordse normiga variandi puhul sisaldus vaid 0,55%_o jagu.



Joonis 23. Rohumassi toorproteiini sisaldus % võrrelduna lämmastiku % kuivaines.

On leitud seoseid, et toorproteiini sisaldust mõjutab ka väetamine (Geherman, Parol 2004). Antud katses usutav seos vedelsõnniku lämmastikusisalduse ja väetatud rohumassi toorproteiini sisalduse vahel puudus ($p > 0,05$). Samas võis seda mõjutada põud, mis takistas toitainete omastamist mullast ja seeläbi pärssis toorproteiini sisaldust. Teisalt on oluline ka rohumassi liigiline koosseis, kuna suure rohundite osakaalu tõttu oli kultuurtaimede tugev konkurents toitainete osas.

Muude näitajate osas on tegu üsna keskpärase kvaliteediga rohumassiga (tabel 5).

Tabel 5. Rohumassi keemilise söödaanalüüsi andmed

Variant	Neutraal- kiud %	Happe- kiud %	Seeduvus %	Söömus %	Sööda- väärtus	ME MJ/kg	NEL Mcal/ kg
Kontroll	46,8	32,6	63,47	2,56	126	9,95	1,48
Lägakivi	44,9	32,5	63,91	2,51	128	9,92	1,47
NovaOptimizer 0,5x	45,5	32,4	62,54	2,49	125	9,94	1,48
NovaOptimizer 1x	46,6	32,7	63,65	2,63	129	9,84	1,42
Nova Optimizer 250x	46,9	33,4	62,99	2,44	127	9,78	1,40

Heaks rohusööda seeduvuseks peetakse >65% . Rahuldavaks 55-65% ja halvaks alla 55 protsendilist. (Tamm 2006). Töös jäi see vahemikku 62,5-63,9% olles üsna tugevalt rahuldaval tasemel ja jäädes vaid veidi alla heale tulemusele (tabel 5). Metaboliseeruv energia oli kõigi variantide puhul üle 9,5MJ/kg, mis kvalifitseerub hea rohusööda klassi.

KOKKUVÕTE UURIMUSTÖÖST JA SOOVITUSED

PRAKTIKASSE

Antud uurimustööst järeldub, et mineraalse lisandi NovaOptimizeri normikohasel kasutusel väheneb ammoniaagi lendumine. Õige normiga kasutuse puhul oli NH_3 kumulatiivne eritumine praktiliselt nullilähedane. Poole normiga kasutuse puhul oli samuti madalam kui kontroll variandi puhul, kus tulemuseks oli 800mg/kg. Vastupidine efekt tekkis üle soovitusliku normiga kasutuse korral. Näiteks 250-kordse NovaOptimizeri koguse korral oli 12 tunni jooksul kumulatiivseks eraldumiseks 1830mg/kg kohta, samas lägakivi sama suure normiga kasutuse puhul eraldus 3000mg/kg ammoniaaki, mis enam kui 3,5 korda rohkem kui kontroll variandi puhul, kus lisandeid ei kasutatud.

Vähenenud ammoniaagi lendumine vähendab lämmastiku kadu vedelsõnniku käitlemisel. Kuna antud töös nurjas põuane suvi põldkatse osa, siis usutavaid tulemusi selle kinnitamiseks antud töö alusel ei tulnud. Küll aga on kindel, et vedelsõnniku kasutusel eralduva ammoniaagi lõhna osas ei ole normi piires kasutusel 12 tundi mingeid probleeme ning isegi poole normiga kasutuse puhul ei eritu esimese 4,5 tunni jooksul NH_3 . Seega annab lägalisandi kasutus rohkem võimalusi vedelväetise põllule laotamiseks, samas otsest võrdlust erinevate laotustehnoloogiate vahel ei teostatud.

Statistiliselt usutavad erinevused saagikuste vahel puudusid. Põhjuseid põldkatse ebaõnnestumise osas on mitmeid. Väheste sademetega perioodi tõttu oli taimedel stress ning kogu jõud oli suunatud generatiivsete osade arendamisele ja saagi tootmine jäi tahaplaanile. Lisaks oli antud rohumaa juba küllaltki vana ja rohundite osakaal oli üle 50% ning kultuurtaimedel oli seetõttu suur konkurents toitainetele ja valgusele. Kõikide variantide keskmisena tuli ühe niite saagikuseks kuivaines 2,22t/ha, kuna katse toimus suvel, siis oli tegu teise niitega.

Saagi kvaliteeti uurides sai selgeks, et tegu oli pigem hea kvaliteediga rohtse materjaliga, mille näitajad vastasid hea rohusööda nõuetele. Arvestades rohumaa seisundit ja kasvuperioodi ilmastiku olid kvaliteedi tulemused väga head, paraku usutavat mõju lisandite kasutusest välja ei joonistunud.

Vedelsõnniku laboratoorse analüüsi võrdluses selgus, et kuivaine, ph ja toitainete sisalduse muutus ei olnud tingitud lisandite kasutusest, seda eelkõige järeldades võrdlusest kontroll

variandiga. Kuivaine sisalduse vähenemine tekkis ilmselt sõnniku sekkumisest katsepüti põhja ja teistkordsel proovi võtmisel sattus kuivainet proovitopsi vähem kui esimesel korral.

Uurimustöö põhjal saab väita, et NovaOptimizeri kasutus praktikas on põhjendatud, kuna selle toime ammoniaagi emissiooni vähendamisele on tõestatud. Kuna toime oli 100%, siis võib olla täiesti kindel, et panus ohtlike ühendite lendumise peatamiseks on tehtud. Siiski tasuks silmas pidada, et töös ei tehtud lisandite kasutusele majandusliku analüüsi ning iga tootja peab hetkel ise otsustama, kas selle kasutus on tema jaoks rahaliselt õigustatud või mitte. Tänu vähenenud emissioonile on NovaOptimizeriga töödeldud vedelsõnniku laotamisel rohkem aega selle mullaga segamiseks. Ka poole normiga kasutuse puhul on tulemus täiesti piisav, et lisandi kasutus oleks põhjendatud, sest võrrelduna kontrolliga on ammoniaagi eraldumist tunduvalt vähem.

KASUTATUD KIRJANDUS

- Astover, A., Leedu, E.,** (2019) Mulla ABC III osa,
- Borgonovo, F., Conti, C., Lovarelli, D., Ferrante, V., Guarino, M.** (2019) Improving the Sustainability of Dairy Slurry by A Commercial Additive Treatment.
- Dräger X-am® 7000 Multi-Gas Detection. Dräger. Kasutatud 18.05.2020
<https://www.draeger.com/Products/Content/x-am-7000-pi-9044772-en-gb.pdf>
- Eri tüüpi sõnniku toitaineisisalduse arvutuslikud väärtused, põllumajandusloomade loomühikuteks ümberarvutamise koefitsiendid ja sõnnikuhoidla mahu arvutamise meetodika (04.10.2019). Riigi teataja. Kasutatud 16.05.2020 <https://www.riigiteataja.ee/akt/101102019011>
- Geherman, V., Parol, A.** (2004) Väetamise mõjust erinevate karjamaakoosluste saagikusele ning rohu söödavusele ja kvaliteedile, 70
- Jõudluskontrolli aastaraamat 2019. Eesti Põllumajandusloomade Jõudluskontroll. Kasutatud 18.05.2020
https://www.epj.ee/assets/tekstid/aastaraamatud/aastaraamat_2019.pdf
- Kaasik, A., Möls, M., Alber, R., Kupri, H., Maruštšak, R., Maasikmets, M.** (2014) Hea põllumajandustava raamjuhend ammoniaagiheite vähendamiseks, 38
- Kaasik, A., Möls, M.** (2018) Loomakasvatusest eralduvate saasteainete heitkoguste inventuurimetoodikate täiendamine ja heite vähendamistehnoloogiate kaardistamine, 28
- Kanger, J., Kevvai, T., Kevvai, L., Kärblane, H., Astover, A., Ilumäe, E., Lauringson, E., Loide, V., Penu, P., Rooma, L., Sepp, K., Talgre, L., Tamm, U.** (2015) Väetamise ABC, 11, 36
- Kavanagh, I., Burchill, W., Healy, M.G., Fenton, O., Krol, D.J., Lanigan, G.J.** (2019) Mitigation of ammonia and greenhouse gas emissions from stored cattle slurry using acidifiers and chemical amendments, 5
- Mullastiku kaart (2020). Maaamet. Kasutatud 20.02.2020 <https://xgis.maaamet.ee/maps/XGis>
- Owusu-Twum, Y. M., Polastre, A., Subedi, R., Santos, S. A., Ferreira, M. M. L., Coutinho, J., Trindade, H.** (2017) Gaseous emissions and modification of slurry composition during storage and after field application: Effect of slurry additives and mechanical separation, 422
- Kuukokkuvõtted (aprill – august 2019). Riigi Ilmateenistus. Kasutatud 18.05.2020
<https://www.ilmateenistus.ee/kliima/kuukokkuvotted/>
- Seidela, A., Pacholskia, A., Nyordc, T., Vestergaardd, A., Pahlmanna, I., Herrmanne, A., Kagea, H.** (2017) Effects of acidification and injection of pasture applied cattle slurry on ammonia losses, N₂O emissions and crop N uptake, 32
- Tamm, K., Vettik, R., Viil, P., Võsa, T.** (2016) Sõnnikulaotamise tehnoloogiate võrdlev uuring, 56

Tamm, U. (2017) Parema toiteväärtusega rohusööd, 4,8-9

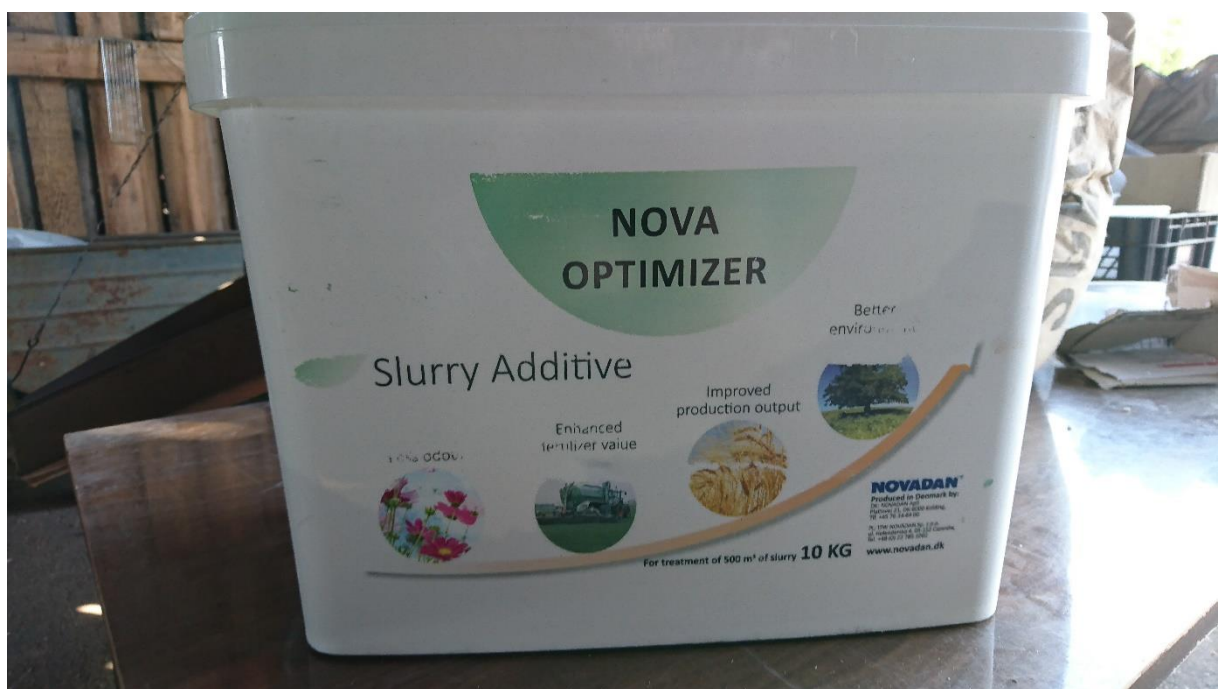
Veeseadus (01.10.2019). Riigi teataja. Kasutatud 18.02.2020,
<https://www.riigiteataja.ee/akt/121122019017>

Viil. P., Vettik, R., Koik, E., Tamm, K., Siim, J. (2008) Vedelsõnnik miks ja kuidas, 7,8,14

LISAD



Lisa 1. Lägakivi „Gülle-Bombe“. Foto: K. Aavik



Lisa 2. Lägalisand „Nova Optimizer“. Foto: K. Aavik



Lisa 3. Ketastega laotusseade Amazone Catros 4001. Foto: K. Aavik



Lisa 4. Injektortüüpi laotusseade Joskin. Foto: K. Aavik



Lisa 5. Lohisvoolikutega laotusseade. Foto: K. Aavik

Lisa 6. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Mina, Kusti Aavik,

(autori nimi)

sünniaeg 23.02.1998,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda koostatud lõputöö Mineraalse lägalisandi NovaOptimizer mõju veiseläga kvaliteedile,

(lõputöö pealkiri)

mille juhendaja(d) on Are Selge, Indrek Keres,

(juhendaja(te) nimi)

1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,

1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja

1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor allkirjastatud digitaalselt
(allkiri)

Tartu, 20.05.2020

(kuupäev)

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

Are Selge, allkirjastatud digitaalselt
(juhendaja nimi ja allkiri)

20.05.2020
(kuupäev)

Indrek Keres, allkirjastatud digitaalselt
(juhendaja nimi ja allkiri)

20.05.2020
(kuupäev)

